

mente hasta el último muestreo realizado a los 6 meses (fig. 2). Si esta tónica continúa, podría a largo plazo, disminuir por debajo de los niveles de las parcelas control. Una menor disponibilidad de N debido a la ausencia de la leguminosa podría explicar, entre otros factores, la menor producción en las parcelas quemadas, a pesar de la pronta recuperación de la cobertura tras la quema. En pastos subalpinos del Pirineo francés se ha comprobado la existencia de transferencias directas de N entre *Trifolium alpinum* y *Festuca eskia* (Marty *et al.*, 2009). En nuestro caso, aunque desconocemos la dinámica de intercambio de N entre *T. repens* y las dos gramíneas más abundantes (*F. rubra* y *B. pinnatum*), la ausencia prolongada de la leguminosa podría afectar el desarrollo de estas especies dominantes y por lo tanto de toda la comunidad vegetal.

CONCLUSIONES

A corto plazo, y bajo las condiciones de nuestro ensayo, la quema prescrita a la salida del invierno no produjo efectos negativos en el suelo ni en la microbiota edáfica. Sin embargo, provocó un cambio florístico al disminuir notablemente la frecuencia de la leguminosa dominante, lo que podría provocar cambios a largo plazo en el ciclo del N, y por lo tanto en el desarrollo de la comunidad herbácea, si esta especie no se recupera.

AGRADECIMIENTOS

Estudio financiado con el proyecto del Plan Nacional de I+D+i CGL 2010-21963 y con el proyecto FLUXPYR EFA34/08 del Programa de Cooperación Territorial España-Francia-Andorra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROOKES P. C. LANDMAN A. PRUDEN G. Y JENKINSON D. S. (1985) Chloroform Fumigation and the Release of Soil-Nitrogen - a Rapid Direct Extraction Method to Measure Microbial Biomass Nitrogen in Soil. *Soil Biology & Biochemistry*, **17**(6), 837-842.
- CRIQUET S. TAGGER S. VOGT G. Y LE PETIT J. (2002) Endoglucanase and beta-glycosidase activities in an evergreen oak litter: annual variation and regulating factors. *Soil Biology & Biochemistry*, **34**(8), 1111-1120.
- FERRER V. Y CANALS R. M. (2008) *Proyecto de Ordenación de los Recursos Pascícolas Forestales del Monte Aezkoa nº1 del C.U.P.* Documento inédito.
- KANDELER E.Y GERBER H. (1988) Short-Term Assay of Soil Urease Activity Using Colorimetric Determination of Ammonium. *Biology and Fertility of Soils*, **6**(1), 68-72.
- LASANTA T. VICENTE S. M. Y CUADRAT J. M. (2000) Marginación productiva y recuperación de la cubierta vegetal en el Pirineo: un caso de estudio en el valle de Borau. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, **29**, 5-28.
- MARTY C. PORNON A. ESCARAVAGE N. WINTERTON P. Y LAMAZE T. (2009) Complex Interactions between a Legume and Two Grasses in a Subalpine Meadow. *American Journal of Botany*, **96**(10), 1814-1820.
- TAYLOR J. P. WILSON B. MILLS M. S. Y BURNS R. G. (2002) Comparison of microbial numbers and enzymatic activities in surface soils and subsoils using various techniques. *Soil Biology & Biochemistry*, **34**(3), 387-401.

¿Cómo influye la fertilidad del suelo sobre la diversidad funcional edáfica y florística a escala de prado?

How does soil fertility influence soil functional diversity and plant diversity within a meadow?

I. MIJANGOS AMEZAGA* / I. ALBIZU BEITIA / S. MENDARTE AZKUE / J.A. GONZÁLEZ-OREJA / J. ZAPATERO MARTITEGUI / C. GARBISU CRESPO

Departamento de Ecología y Recursos Naturales. Neiker-Instituto Vasco de I+D Agrario. c/ Berreaga, 1. 48160 Derio (Bizkaia) imijangos@neiker.net

Resumen: En la actualidad, se exige que el manejo de las áreas pascícolas de fondo de valle compatibilice altas producciones con la conservación de la biodiversidad. En relación a dicha biodiversidad, su componente edáfico ha sido tradicionalmente menos considerado en comparación con su componente florístico. Sin embargo, esto está cambiando a medida que se reconoce el papel fundamental de la biota del suelo (especialmente la micro-biota) en el correcto funcionamiento y la sostenibilidad de los agroecosistemas. Con el objetivo de conocer cómo influye la fertilidad del suelo sobre la diversidad edáfica (microbiana) y aérea (florística), se realizaron muestreos consecutivos en un prado de siega de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai (Bizkaia). En 36 unidades muestrales equidistantes (muestreo sistemático, en malla), se cuantificó la diversidad florística y la diversidad funcional de las comunidades bacterianas y fúngicas edáficas, según su capacidad para degradar diferentes sustratos en placas Eco-Plates[®] y FF-Plates[®] de Biolog, respectivamente. A escala de prado, los suelos más fértiles albergaron una mayor abundancia microbiana y produjeron más biomasa vegetal, aún en detrimento de la diversidad florística. La diversidad microbiana, por su parte, se mostró determinada por la textura del suelo, mostrando una correlación negativa con su contenido en limo.

Palabras clave: comunidades microbianas, textura, botánica, productividad.

Abstract: It is currently expected that management practices in bottom valley grasslands, which are primarily oriented towards obtaining high pasture yields, are also compatible with biodiversity conservation. When compared with the above-ground (plant) biodiversity, the below-ground component of this biodiversity has traditionally been understudied. Nonetheless, this situation is beginning to change, as the fundamental role of the soil biota (and, especially, of soil micro-biota) in the proper functioning and sustainability of agroecosystems is being increasingly acknowledged. In order to know how soil fertility influences both below-ground microbial biodiversity and above-ground plant diversity, we sampled both components of biodiversity in a meadow for hay of the Urdaibai Reserve of the Biosphere (Bizkaia). In a total of 36 regularly spaced sampling sites, we measured plant diversity (composition and relative abundance). In a parallel fashion, we also determined the functional diversity of bacterial and fungal soil communities (considering their ability to degrade a number of organic substrates in Biolog Eco-PlatesR and FF-PlatesR, respectively). At the study (local) scale, most fertile soils exhibited higher microbial abundance but lower plant diversity. On the other hand, microbial diversity seemed to be more related to soil texture, since it exhibited a negative correlation with soil loam content.

Key words: microbial communities, texture, botany, productivity.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, tanto el sector agrícola como el ganadero están sufriendo importantes modificaciones debido a los nuevos requerimientos económicos, sociales y también ecológicos. En los prados de fondo de valle de la Cornisa Cantábrica, se demanda un aumento de la cantidad y calidad del forraje producido por unidad de superficie para reducir la dependencia de las explotaciones frente a insumos externos. Al mismo tiempo, cada vez se valora más el servicio que nos ofrecen dichos agroecosistemas en cuanto a la conservación de la biodiversidad, tanto aérea (superficial-vegetal) como subterránea (subterránea-microbiota edáfica).

En relación a la biodiversidad edáfica, su importancia en la integridad, el funcionamiento y la sostenibilidad de los ecosistemas terrestres está siendo cada vez más reconocida. Actualmente se sabe que los microorganismos del suelo son los responsables del 80-90% de su actividad biológica (Reichle, 1977), siendo responsables de procesos tan importantes como la descomposición y reciclaje de nutrientes, fijación de nitrógeno, mantenimiento de la estructura, detoxificación de contaminantes, etc. En relación a los pastos, la actividad microbiana influye en su productividad, ya que son la base de la cadena detritívora y por tanto creadores de la principal fuente de nutrientes para las plantas (Bardgett *et al.*, 1997). Sin embargo, mientras que nuestro conocimiento sobre los procesos llevados a cabo por la biota del suelo ha aumentado de forma progresiva en las últimas décadas, el estudio de la diversidad funcional y taxonómica de microorganismos edáficos todavía está en sus inicios.

Las técnicas de análisis de ácidos nucleicos extraídos del suelo han supuesto un avance considerable en el conocimiento de la diversidad taxonómica de las comunidades microbianas del suelo, pero presentan todavía limitaciones derivadas de la dificultad para separar y secuenciar el elevadísimo número de especies que conforman la microbiota del suelo. Ante este problema, existe la posibilidad de abordar la componente funcional (frente a la taxonómica) de la biodiversidad de las comunidades microbianas del suelo, por ejemplo a través del análisis de sus perfiles de utilización de diferentes sustratos.

El objetivo fundamental de este estudio fue profundizar en el conocimiento de la biodiversidad funcional del suelo (a través del análisis de los perfiles metabólicos de hongos y bacterias) y su relación con la biodiversidad superficial (diversidad florística) y la producción vegetal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para analizar en detalle los vínculos entre los componentes subterráneos (microbiota) y aéreos (vegetación) se realizaron muestreos sistemáticos en un prado de siega de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai (Bizkaia). Las unidades muestrales consistieron en cuadrados de 50 x 50 cm distribuidos regularmente (en forma de malla 6 x 6; n=36) dentro del prado, a una distancia de 3,6 m entre sí.

En cada uno de esos cuadrados 50 x 50 cm se cuantificaron *in situ* la diversidad florística (composición y estima de coberturas) y la producción vegetal (corte manual y pesaje de la biomasa aérea) en los meses de abril, julio y octubre de 2011. Asimismo, coincidiendo con el muestreo de abril, se tomaron muestras de suelo (0-10 cm) dentro de dichos cuadrados. Las muestras de suelo se analizaron posteriormente en el laboratorio para establecer los perfiles metabólicos de las comunidades edáficas bacterianas y fúngicas, a partir del desarrollo de color mostrado por la batería de sustratos presentes en las placas de Biolog Eco-PlatesR y FF-PlatesR, respectivamente (Biolog Inc., USA). En función de su capacidad para utilizar diferentes sustratos de C, calculamos el potencial catabólico global (AWCD = desarrollo promedio de color), así como los índices de diversidad de Shanon (H') y Simpson (1-Dominancia) de las comunidades bacterianas (B) y fúngicas

(F) presentes en el suelo (Crecchio *et al.*, 2004). También se analizaron las siguientes propiedades químicas del suelo (MAPA, 1994): textura, Capacidad de Intercambio Catiónico efectiva (CIC), pH, materia orgánica, N total, P Olsen, K, Ca y Mg extraíbles.

Las relaciones entre parámetros edáficos y vegetales se evaluaron mediante análisis de correlaciones y de componentes principales realizados con los paquetes estadísticos Statview y Canoco 4.5 para Windows, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 1 muestra un análisis de componentes principales que engloba los parámetros analizados en el prado objeto de estudio, tanto los edáficos como los vegetales.

El primer componente (CP1) explica el 25,4% de la varianza y muestra la correlación negativa existente entre la diversidad florística y la producción de biomasa vegetal, a escala de prado. De hecho, las medidas de producción de pasto realizadas consecutivamente (datos de biomasa de abril y julio) mostraron siempre correlaciones negativas significativas ($p < 0,05$) con los índices de diversidad florística obtenidos (riqueza específica (S) e índice de diversidad de Simpson (1-D)). Esto se debió principalmente al dominio de raigrás inglés en las parcelas más productivas, cuyo rápido desarrollo limitó el crecimiento de otras especies. Como era de esperar, la producción de pasto se correlacionó positivamente con el contenido en nutrientes minerales como el N, K y Ca. Sin embargo, no fue así en el caso del P. Resulta interesante la correlación positiva observada entre la biomasa microbiana del suelo presente en abril y la producción de biomasa vegetal a partir de ese momento hasta julio, lo cual parece indicar que la biomasa microbiana podría ser un buen indicador del potencial de producción vegetal de un suelo, tal y como se ha hecho tradicionalmente con las medidas de nutrientes minerales. No obstante, se estima necesario realizar más estudios con el objetivo de contrastar esta hipótesis.

Por el contrario, las diferentes medidas realizadas en las placas Biolog^R parecieron mostrar que no existía una relación significativa de la diversidad catabólica-funcional de las comunidades bacterianas (B) y fúngicas (F) presentes en el suelo, según los valores obtenidos de número de sustratos utilizados en las placas Biolog (S), índice de diversidad de Simpson (1-D) y potencial catabólico global (AWCD) con la diversidad florística ni con la biomasa (vegetal o microbiana), a escala de prado. Esto no era lo esperado, ya que se esperaba que una mayor diversidad botánica proporcionase una mayor variedad de exudados y nichos ecológicos asociados a las raíces, y con ello una mayor diversidad microbiana (Attard *et al.*, 2008). Podría explicarse por el hecho de que se están comparando diferentes componentes de la diversidad (taxonómica sobre el suelo vs. funcional bajo el suelo), o incluso porque la biodiversidad botánica y microbiana podrían distribuirse conforme a diferentes escalas espaciales y/o temporales. Sin embargo, la diversidad microbiana (tanto de bacterias como de hongos) se correlacionó negativamente con el contenido en limo del suelo, atendiendo a su distribución a lo largo del componente principal 2 (15,1 % de la varianza). Esto podría deberse al tamaño de las partículas limo-

sas, que tienden a ocupar el espacio de los poros del suelo que contienen el aire y agua necesarios para los microorganismos aeróbicos. Resulta interesante el hecho de que la fracción bacteriana se muestra correlacionada positivamente con el porcentaje de arcilla, mientras que la diversidad fúngica lo hace con el porcentaje de arena. De nuevo, esto podría estar ligado al tamaño de los poros del suelo, ya que las bacterias (de menor tamaño y movilidad) pueden aprovechar los microporos presentes en las arcillas mientras que los hongos verían favorecido el desarrollo de sus hifas en suelos más ligeros. Otros autores han constatado que el aumento de la acidez y de la materia orgánica no lábil en el suelo supone generalmente una ventaja a los hongos frente a las bacterias (Wardle, 2002), pero dichos factores no mostraron ser determinantes en este caso.

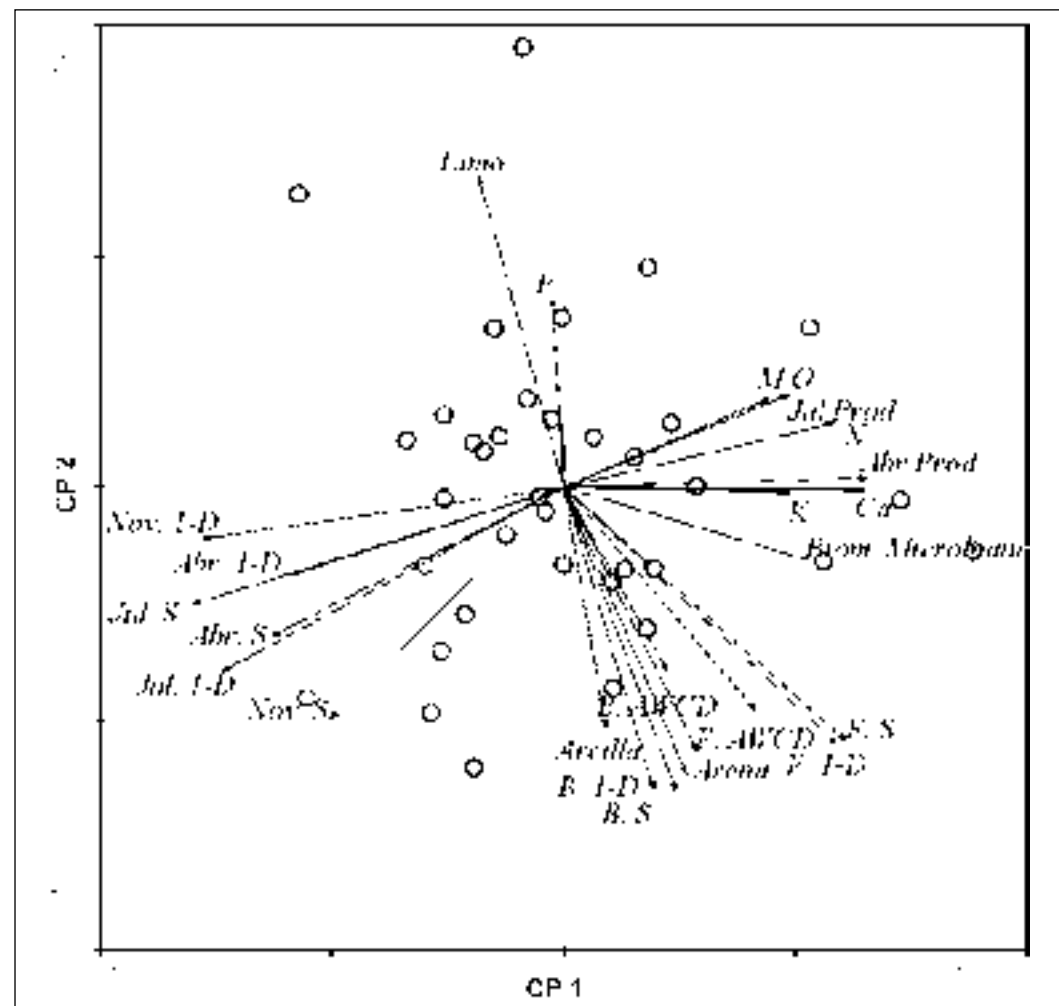


Figura 1. Análisis de Componentes Principales incorporando los parámetros edáficos y vegetales que explican >5% de la varianza. B./F. AWCD: potencial catabólico global bacteriano/fúngico; B./F. 1-D: índice de diversidad de Simpson bacteriano/fúngico; B./F. S: número de sustratos degradados por bacterias/hongos; Abr./Jul./Nov. S: riqueza específica vegetal en cada muestreo; Abr./Jul./Nov. 1-D: índice de diversidad vegetal de Simpson en cada muestreo; Abr./Jul. Prod.: producción de biomasa en cada muestreo.

CONCLUSIONES

A nivel agronómico, la producción vegetal se mostró correlacionada positivamente con la disponibilidad de nutrientes minerales (a excepción del P) y la biomasa microbiana. Esta última podría tener potencial como indicador biológico edáfico del potencial productivo aéreo.

A nivel de diversidad, el aumento en la productividad de las parcelas fue en detrimento de su diversidad florística, debido a la dominancia de especies de desarrollo rápido. A escala de prado, dicha diversidad no se mostró correlacionada significativamente con la diversidad microbiana edáfica, la cual se vio afectada negativamente por el contenido en limo del suelo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Ministerio de Ciencia e Innovación la financiación del proyecto CGL2008-05579-C02-02, a partir del cual se obtuvieron los resultados presentados en este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATTARD E., DEGRANGE V., KLUMPP K., RICHAUME A., SOUSSANA J.F. Y LE ROUX X. (2008) How do grassland management history and bacterial micro-localisation affect the response of bacterial community structure to changes in aboveground grazing regime? *Soil Biology and Biochemistry*, **40**, 1244-1252.
- BARDGETT R.D., LEEMANS D.K., COOK R. Y HOBBS P.J. (1997) Seasonality of the soil biota of grazed and ungrazed hill grasslands. *Soil Biology and Biochemistry*, **29**, 1285-1294.
- CRECCHIO C., GELSOMINO A., AMBROSOLI R., MINATI J.L. Y RUGGIERO P. (2004) Functional and molecular responses of soil microbial communities under differing soil management practices. *Soil biology and Biochemistry*, **36**, 1873-1883.
- MAPA (1994) *Métodos Oficiales de Análisis III*. Madrid, España: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- REICHLE D.E. (1977) The role of soil invertebrates in nutrient cycling. En: Lohm U. y Persson T. (eds) *Soil Organisms as Components of Ecosystems*, pp. 145-156. Estocolmo, Suecia: Ecological Bulletin.
- WARDLE D.A. (2002) *Communities and Ecosystems. Linking the Aboveground and Belowground Components*. Princeton, USA: Princeton University Press.